

ESTUDO DE SAIS SOLÚVEIS E EFLORESCÊNCIA NA INCORPORAÇÃO DE PÓ DE DESPOEIRAMENTO EM CERÂMICA VERMELHA

F. G. da Costa, M. A. Castro, D. S. Luz, E. Fagury Neto, A. A. Rabelo
Folha 17, Quadra 04, Lote Especial - Marabá/PA, CEP 68505-080
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
adriano@unifesspa.edu.br

Eflorescências são depósitos salinos que se formam na superfície de materiais cerâmicos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas. Os sais solúveis que dão origem às eflorescências podem estar presentes na composição das matérias-primas, nos materiais de construção, na água existente no subsolo, etc. No presente trabalho, foram confeccionadas amostras cerâmicas com adições do resíduo “pó de despoeiramento” de aciaria em teores de 25 e 35 %p. sinterizadas a 900 °C/2h. As amostras foram parcialmente imersas em água destilada por sete dias para verificar a formação de eflorescência. A partir dos resultados da condutividade elétrica foi determinada a presença de ânions solúveis das formulações. O resíduo siderúrgico proporcionaram formação de eflorescências, indicando não ser adequados para inserção em cerâmica vermelha nos teores analisados.

Palavras-chave: Pó de despoeiramento, cerâmica vermelha, sais solúveis.

INTRODUÇÃO

As eflorescências constituem uma patologia frequente nos produtos cerâmicos tradicionais, cuja solução é particularmente difícil ou impossível. Sua origem está em parte associada à porosidade intrínseca e à natureza e distribuição de sais existentes no corpo cerâmico, tornando os aptos a migrarem à superfície, resultando na forma de eflorescência mais clássica. Evitar a eflorescência esbarra na impossibilidade física de realizar a total eliminação de sais solúveis quando presentes no corpo cerâmico. Embora os danos causados pelos sais solúveis venham sendo investigados há várias décadas, os mecanismos e fatores que controlam a formação de cristais em meios porosos e o desenvolvimento do dano não são ainda compreendidos em sua totalidade ⁽¹⁾.

Os sais solúveis são os principais agentes da degradação dos materiais de construção porosos, e um motivo de grande frustração para as pessoas envolvidas

na construção e conservação das edificações. Esse tipo de manifestação além de afetar esteticamente o ambiente interno e externo, causa problemas de insalubridade e contribuem no aceleração e deterioração dos materiais de construção contaminados ⁽²⁾.

Os sais originam-se durante o processo de formação do solo ou então são trazidos por movimentos de águas subterrâneas. O termo sais solúveis quando aplicado a solo, designa aqueles constituintes que apresentam apreciável solubilidade em água ⁽¹⁾. A presença de sais nos produtos cerâmicos não pode ser evitada; portanto, avaliar o de seu deslocamento em ambiente poroso pode ajudar na melhor compreensão do fenômeno da quantificação da eflorescência ⁽³⁾.

Sabe-se que setor siderúrgico gera uma diversidade de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas nas diversas etapas do seu processamento. Assim a produção de aço está obrigatoriamente vinculada à acumulação de uma grande quantidade de resíduos. Dentre estes, o pó de despoeiramento, gerado em forno elétrico à arco, representa um dos maiores problemas pelo seu conteúdo em metais pesados, tais como zinco, ferro, cromo, cádmio, chumbo, entre outros, emitidos na atmosfera durante à fabricação do aço ⁽⁴⁾.

O pó de despoeiramento é classificado como resíduo perigoso no Brasil, pela norma NBR 10.004⁽⁵⁾. Sob esta classificação, os pós gerados em forno elétrico à arco não podem ser depositados em aterros comuns. Toneladas de pó encontram-se abandonadas em aterros esperando por uma devida solução. A disposição de resíduos em aterros, além de trazer problemas ambientais, aumenta os custos do processo, devido ao transporte deste material para locais cada vez mais distantes do ponto de geração ⁽⁴⁾.

Neste trabalho, foram feitas análises de eflorescência e determinação de sais solúveis em formulações de cerâmica vermelha com e sem o resíduo pó de despoeiramento, com base em parâmetros como pH, condutividade elétrica e ânions solúveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho foi dividida em três etapas, descritas a seguir:

1º Etapa – Confecção dos corpos de prova

Com base em estudos preliminares, e considerando também a composição química do pó de despoejamento, foram desenvolvidas sete formulações, para a confecção dos corpos de prova, além da formulação com apenas argila na composição, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Formulações cerâmicas propostas com o resíduo pó de despoejamento.

Formulação	Porcentagem %	
	Argila	PD
F0	100	0
F1	90	10
F2	85	15
F3	80	20
F4	75	25
F5	65	35
F6	55	45
F7	45	55

Após a confecção dos corpos de prova por prensagem uniaxial a 55 MPa e tratamentos térmicos de 850 e 950 °C/2h, as seguintes caracterizações tecnológicas foram avaliadas: Porosidade Aparente, Densidade Aparente, Retração Linear, Absorção de Água e Resistência a Compressão.

Com exceção do parâmetro de Porosidade Aparente, os demais ficaram dentro do padrão ideal ⁽⁶⁾. Dessa forma, este parâmetro foi o determinante para a escolha das Formulações ideais para o trabalho. A Figura 1 apresenta os resultados da Porosidade Aparente nas formulações desenvolvidas. As formulações que ficaram abaixo da linha que corta o gráfico, são as que estão dentro da Norma.

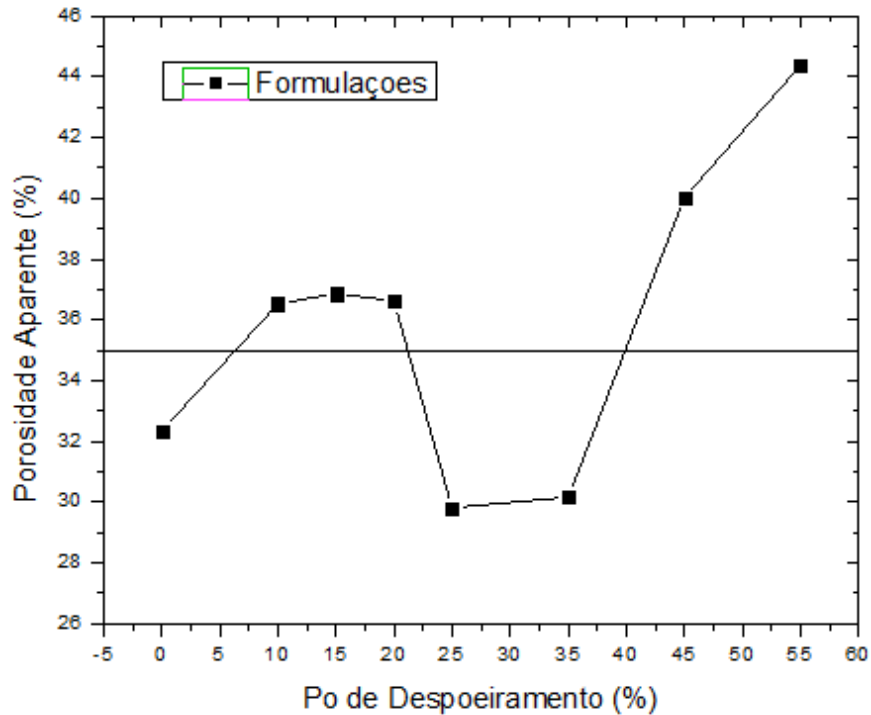


Figura 1. Resultados da Porosidade Aparente nas formulações.

Com isso, além da F0 (Formulação sem rejeito), as formulações F4 e F5, foram avaliadas no ensaio de Eflorescência, pois foram as únicas que apresentaram um preenchimento uniforme dos seus poros de acordo com os resultados do ensaio de Porosidade Aparente.

2º Etapa – Ensaio de Eflorescência

Após a escolha das formulações de interesse, realizou-se o ensaio de eflorescência segundo a norma ASTM C67-14⁽⁷⁾. Para isso, emergiu-se verticalmente até aproximadamente 80% da altura dos corpos de prova em recipientes com água destilada (Figura 2), mantendo imersos durante sete dias em temperatura ambiente, sendo que em todos os dias em um horário específico, era completado o volume da água destilada que evaporou. Após o período de imersão, os corpos de prova foram colocados em estufa à 110 °C por 24 horas visando uma aceleração na formação da eflorescência. Findada a secagem, analisou-se visualmente se os corpos de prova possuíam manchas brancas, decorrentes dos sais solúveis, para confirmar a formação ou não de eflorescência.



Figura 2. Imersão dos corpos de prova como parte do ensaio de efluorescência.

3° Etapa – Quantificação dos sais formados

Após a verificação das formulações que formaram efluorescências utilizou-se para a determinação dos sais solúveis e pH, um filtrado de cada formulação, após estas serem destorroadas e formarem uma pasta depois de serem dissolvidas em água destilada.

Para a quantificação do teor dos sais solúveis fez-se uso da seguinte equação 1 (3):

$$\% \text{ Sais} = \frac{CE \times VA \times 100}{P} \quad (1)$$

Onde, CE: Condutividade elétrica do extrato (mS/cm)

VA: Volume de água destilada adicionada ao extrato (ml)

P: Massa da amostra empregada no extrato (g).

Os carbonatos, foram determinados por acidimetria com Ácido Sulfúrico em presença de fenolftaleína como indicador. O cálculo do teor de carbonatos foi feito de acordo com a equação 2 ⁽⁸⁾:

$$CO_3^- (ppm) = \left[\frac{ml \text{ de ácido gastos } \times 5}{ml \text{ do extrato}} \right] \times 60 \quad (2)$$

Para quantificar os bicarbonatos utilizou-se o mesmo extrato preparado para determinar os Carbonatos. O método foi realizado por acidimetria com Ácido Sulfúrico em presença de vermelho de metila como indicador e fenolftaleína para a prova em branco. O teor de bicarbonatos é calculado através da Equação 3 ⁽⁸⁾:

$$HCO_3^- (ppm) = \left[\frac{(a-b \times 2)}{c} \times 5 \right] \times 61 \quad (3)$$

Onde, a: ml de ácido sulfúrico gastos

b: ml de fenolftaleína gastos

c: ml do extrato.

Os cloretos foram avaliados através de determinação volumétrica com Nitrato de Prata em presença de Cromato de Potássio como indicador. A Equação 4 ⁽⁸⁾ foi empregada para calcular esse teor:

$$Cl^- (ppm) = \left[\frac{(a-b \times 5)}{c} \right] \times 35,5 \quad (4)$$

Onde, a: ml de Nitrato de Prata gastos

b: ml de Nitrato de Prata na prova em branco

c: ml do extrato.

Os sulfatos foram medidos por gravimetria com precipitação de Cloreto de Bário. O cálculo para esse ânion solúvel foi feito de acordo com a Equação 5 ⁽⁸⁾:

$$SO_4^- (ppm) = \left[\frac{(a \times 856,82)}{b} \right] \times 233,4 \quad (5)$$

Onde, a: peso do Sulfato de Bário (mg)

b: ml do extrato.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o ensaio, verificou-se que apenas nas formulações com o rejeito (F4 e F5), houve a formação de sais solúveis. As Figuras 3 e 4 mostram a eflorescência formada nos corpos de prova.



Figuras 3 e 4. Eflorescência formada nos corpos de prova com o rejeito de Pó de Despoeiramento.

A Tabela 2 apresenta os resultados do cálculo da porcentagem de sais solúveis em cada formulação. Foi observado que a medida que a inserção de pó de despoeiramento aumentou, houve um acréscimo da concentração de sais. Na formulação com apenas argila, a quantidade de sais foi praticamente desprezível. Isso acontece devido à concentração dos elementos Enxofre e Sódio na composição química do pó de despoeiramento, que apesar de baixa, foi suficiente para a formação de eflorescências. Em relação ao pH, ambas as composições ficaram próximas da neutralidade, embora acima de 7, a alcalinidade demonstra a salinidade dos extratos.

Tabela 2. Concentrações de sais solúveis e do pH nas formulações ensaiadas.

Formulação	% Sais	Sais totais (mg/L)	pH
F0	0,0014	14,4842	7,13
F4	0,0198	197,6533	7,21
F5	0,0211	211,4053	8,00

Devido a frequência e por serem os agentes mais comuns na formação de sais solúveis, foram determinados apenas os ânions solúveis de cada composição, como mostra os resultados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da determinação dos sais solúveis nas formulações.

Formulação	Carbonatos (ppm)	Bicarbonatos (ppm)	Cloretos (ppm)	Sulfatos (ppm)
F0	0	0	7,5	7,2
F4	0	0	28,4	579,2
F5	0	0	60,4	592,0

A porosidade mesmo estando dentro dos padrões ideais⁽⁶⁾, não impediu a formação dos sais nas formulações com PD, entretanto, a composição F0 formou sais em quantidades desprezíveis. Outro fator de importância para os resultados foram os teores de sais como sódio e enxofre na composição química do rejeito, que facilita a formação dos sais. O pó de despoeiramento é composto de muitos metais na forma de óxidos e sulfetos, que prejudicam a densificação dos corpos de prova formando poros. Por essa razão, houve um resultado elevado na quantificação de sulfatos nas formulações.

CONCLUSÕES

O pó de despoeiramento provocou a formação da eflorescência nas composições de cerâmica vermelha, devido a sua composição conter teores de sais cloretos e sulfatos. Para que seja possível estabelecer parâmetros aceitáveis de formação da eflorescência ainda são necessários estudos que avaliem limites de valores adequados sobre tal fenômeno.

Vale ressaltar que não existe ainda uma norma específica para quantificar e classificar cerâmicas de vedação, conforme o índice de sais solúveis, portanto, a interpretação dos resultados foi de acordo com os valores mais altos de sais solúveis, cloretos e sulfatos, que aumentaram a medida que elevou-se o teor do pó de despoeiramento nas formulações, além da percepção visual observada após o ensaio de eflorescência.

Referências Bibliográficas

- [1] C. C. Ferreira, C. P. Bergmann. **Formação da eflorescência em cerâmica vermelha: fatores de influência no transporte dos íons SO_4^{2-} e Ca^{2+}** . Cerâmica 57, p. 356–363, 2007.
- [2] CAMPOS FERNANDES, P. **Estudo sobre a influência do massará no processo de formação de salitre em rebocos na região de Teresina-Pi**. 2010, 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- [3] I. J. C. RIBEIRO, J. R. P. LEITE, C. J. B. MELO, R. F. LEAL, A. A. M. OLIVEIRA, **Estudo das eflorescências nas alvenarias através da condutividade elétrica**. In: 59º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Barra dos Coqueiros, Aracaju, SE, 2015, p. 992 – 1001.
- [4] ROCHA, A. **Incorporação de pó de despoejamento em cerâmica vermelha**. 2013, 57 f. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará, Marabá-PA.
- [5] Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 10.004. Resíduos Sólidos-Classificação**. Segunda Edição. 2004.
- [6] SOUZA SANTOS P. **Ciência e tecnologia de argilas**. São Paulo: Edgard Blucher; 1989.
- [7] American Association State Highway and Transportation Officials Standard. **ASTM C67-14: Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile**. West Conshohocken, United States
- [8] CLAESSEN, E.C; OLIVEIRA BARRETO, W. **Manual de métodos e análise de solos**, 2 ed. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1997.

Study of soluble salts and efflorescence at incorporation of dedusting powder in red ceramic

Efflorescence are salts deposits what form on the surface of ceramic materials resulting from migration and subsequent evaporation of aqueous saline solutions. The soluble salts that give rise to efflorescence may be present in the composition of feedstock, building materials, in subsoil water, etc. At the present article, samples ceramics were made with additions of waste steel works called "powder dedusting"

on levels of 25 and 35 percent sintered at 900°C /2h. The samples were partially immersed in distilled water for seven days to check the efflorescence formation. From electrical conductivity results was determined the presence of soluble anions of the formulations. The waste steel works used provided higher formation of efflorescence, indicating not be appropriate for being inserted on red ceramic.

Keywords: dusting powder, red ceramic, soluble salts.